



ArcheoSciences

Revue d'archéométrie

34 | 2010

Varia

L'interprétation archéologique des données isotopiques de plomb

Discussion à partir d'exemples suisses

About the interpretation of lead isotope analyses in archaeology: Discussion of four case studies from Switzerland

Barbara Guénette-Beck et Vincent Serneels



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/2850>

DOI : 10.4000/archeosciences.2850

ISSN : 2104-3728

Éditeur

Presses universitaires de Rennes

Édition imprimée

Date de publication : 10 avril 2010

Pagination : 289-297

ISBN : 978-2-7535-1407-2

ISSN : 1960-1360

Référence électronique

Barbara Guénette-Beck et Vincent Serneels, « L'interprétation archéologique des données isotopiques de plomb », *ArcheoSciences* [En ligne], 34 | 2010, mis en ligne le 11 avril 2013, consulté le 20 janvier 2021. URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/2850> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/archeosciences.2850>

Article L.111-1 du Code de la propriété intellectuelle.

L'interprétation archéologique des données isotopiques de plomb : discussion à partir d'exemples suisses

*About the interpretation of lead isotope analyses in archaeology:
Discussion of four case studies from Switzerland*

Barbara GUÉNETTE-BECK*, Vincent SERNEELS*

Résumé : Le nombre croissant d'études basées sur l'utilisation des isotopes de plomb dans le but de retracer les sources de métal utilisées pour la fabrication d'un objet archéologique exige de fournir un cadre précis des conditions nécessaires pour aboutir à une interprétation fondée. Pour cela, il est important de bien connaître la valeur des principaux outils de travail, en premier lieu la base de données disponible sur les mines. En effet, la qualité de la base de données, son univocité et l'importance de la métallogénie locale comme source d'approvisionnement potentiel, sont autant de connaissances cruciales. Par ailleurs, une liste de critères bien définis, notamment archéologiques, typologiques, chimiques, etc., permet un filtrage qui optimise la validité des résultats. Une interprétation soigneusement préparée permet également de tirer un maximum d'informations pour des objets ayant été fabriqués à partir de deux, voire plusieurs sources de métal.

Abstract : An increasing number of studies are related to trace the origin of metals from archaeological objects by lead isotopes analyses. This raises questions of the basic knowledge necessary to arrive at undisputable interpretations. Reliable databases on the mines are indispensable. The quality of the databases, its unmistakable definitions and the importance of the local mines as potential source of supply are crucial. Furthermore, the database needs to be scrutinised with the help of a listing of well defined criteria related mainly to archaeology, chemistry and typology. A careful interpretation permits to draw a maximum of information even if the objects contain metal from two or more sources.

Mots clé : Données de référence, isotopes de plomb, mélanges binaires, mélanges complexes, métallogénie locale.

Key words : Database, lead isotope analyses, local mines, multiple compound.

INTRODUCTION

De plus en plus de chercheuses et de chercheurs s'intéressent aux études basées sur l'interprétation des données isotopiques de plomb dans le but de retracer les sources de métal utilisées pour la fabrication d'un objet archéologique. Cependant, cette méthode a ses obstacles. S'agissant d'une

méthode comparative non univoque, l'interprétation qui en résulte découle de la prise en considération d'une multitude de variables. En bout de ligne, la présentation des résultats peut parfois sembler peu convaincante. Renvoyant à l'expérience effectuée au cours d'une thèse de doctorat (Guénette-Beck, 2005), nous présenterons dans cet article d'abord les problèmes et les écueils principaux rencontrés durant un

* Département des Géosciences, Université de Fribourg – Chemin du Musée 6, 1700 Fribourg, Suisse.

travail de recherche au long cours, puis nous discuterons d'exemples archéologiques suisses, choisis en lien avec notre étude du potentiel minier dans le Canton du Valais.

1. PROBLÉMATIQUE

L'intérêt principal des études basées sur les rapports isotopiques du plomb présent dans les métaux archéologiques, revient à pouvoir mettre en lien les objets avec des gisements ou des groupes de gisements de minerai. On obtient de la sorte la provenance du métal. Cette démarche s'appuie sur une comparaison des rapports isotopiques du plomb de l'objet avec des données disponibles relatives aux gisements. Les études ont bénéficié grandement du travail de deux groupes de chercheurs, qui ont analysé et compilé un grand nombre de données disponibles pour les sites miniers les plus importants d'Europe et du monde méditerranéen. Il s'agit d'une part du groupe d'Oxford (N. H. Gale et S. Stos-Gale principalement; Stos-Gale et Gale 2009 workshop fribourg), qui a publié de nombreuses bases de données dans la revue *Archaeometry* pour le monde méditerranéen européen, la Bulgarie, l'Irlande et la Grande Bretagne, et, d'autre part, de B. Scaife (2003), qui a collecté des données isotopiques pour l'Algérie, Chypre, l'Égypte, la Grèce, l'Italie, le Maroc, la Palestine, l'Espagne, la Syrie, la Turquie et les Pennines du Nord en Angleterre. Parmi les travaux plus ponctuels, mentionnons, entre autres, les travaux de Marcoux (1986; France), de Durali-Müller (2005; Allemagne), de Bode *et al.* (2003 et 2007; Allemagne) et de Guénette-Beck (2005 et 2009; Suisse) et de Cattin (2008; Suisse).

L'utilisation de ces banques de données n'est pas évidente. En effet, elles sont de qualité très inégale. La nature du minerai n'est pas toujours clairement décrite (minerai poly-métallique, minerai de cuivre, d'argent ou de plomb, etc.); la complexité des gisements est mal étudiée (gisements complexes à plusieurs phases minéralisatrices, gisements simples); le nombre d'analyses par gisements varie d'un site à un autre.

De plus, il est souvent difficile d'opérer un tri pertinent parmi toutes les données disponibles, car les données sur les mines ne sont pas univoques : de nombreuses mines et districts miniers ont des signatures isotopiques de plomb proches, voire identiques. Pour obtenir une sélection représentative des données, il est ainsi nécessaire de recourir à d'autres critères, par exemple archéologiques, géochimiques et typologiques.

Finalement, remarquons que les gisements locaux peuvent jouer un rôle important dans l'approvisionnement des communautés locales préhistoriques et historiques. Or, de

nombreux travaux analytiques, quand bien même ils ont pu pour certains d'entre eux être publiés, l'ont été dans des revues peu connues et difficilement accessibles (une liste de références isotopiques du plomb pour les minerais européens ont été publiés par Cattin *et al.*, 2009). Pour cette raison, les données disponibles renvoient principalement à des gisements étendus ou historiquement marqués, mais n'intègrent que rarement des analyses relatives aux gisements locaux.

Le filtrage de la banque de données est indispensable. Tout d'abord, le contexte archéologique de l'objet est important. Ainsi par exemple, pour des objets datés de l'Âge du Fer, il suffit d'intégrer dans la banque de données, les mines européennes; pour les objets datés après le XVIII^e siècle, il faut également intégrer des données relatives à l'Amérique.

Ensuite, la nature de l'objet renvoie à des connaissances métallogéniques. Selon la composition chimique de l'objet, on peut exclure certaines mines : un objet en plomb ne provient que d'une mine de plomb, un objet en argent que d'une mine d'argent. L'analyse des éléments en traces permet parfois de distinguer entre un objet en argent provenant d'une minéralisation de plomb argentifère ou plutôt de cuivre gris.

Il faut également tenir compte d'un éventuel recyclage de métal. L'objet a-t-il été fabriqué à partir d'une seule source de métal ou de plusieurs sources? L'étude d'un corpus important d'objets permet de mieux faire face à la détection d'une ou de plusieurs sources d'approvisionnement en métal.

Finalement, existe-il des ressources locales? Ont-elles été exploitées? Ont-elles joué un rôle dans l'approvisionnement du corpus étudié?

Reposant sur des analyses isotopiques de plomb, une étude comparative entre objet archéologique et minerai a le plus de chance d'aboutir à des résultats si les données de référence sont bien connues, notamment la métallogénie locale, de même si les objets proviennent d'un corpus complet et bien étudié.

2. MÉTHODE D'ANALYSE

Les analyses isotopiques ont été effectuées au laboratoire de géologie isotopique de la section des Sciences de la Terre de l'Université de Berne en Suisse (Prof. I. M. Villa et Prof. J. Kramers). Les échantillons ont été prélevés sur les objets en argent par forage (monnaies) ou par grattage (châsse reliquaire). Le plomb a été extrait sur une résine à échange de cations (Villa, 2009). Une fois dissouts dans du HNO₃ 0.3M, les échantillons ont été mesurés par MC-ICP-MS (spectromètre de masse Nu Instruments TM équipé d'une

source plasma et d'un multicollecteur), après avoir été spikés avec du Tl. Les résultats ont été corrigés par rapport au standard NBS SRM 981.

3. L'ARGENT ET LE PLOMB : EXEMPLES SUISSES

Métallogénie de la région étudiée

La région étudiée correspond aux Alpes valaisannes en Suisse (fig. 1). Elle forme une entité géographique, limitée au nord par les Hautes Alpes Bernoises, au sud et à l'est par les Hautes Alpes Valaisannes, à l'ouest par les Préalpes suisses et savoyardes et le lac Léman. Cette région compte 62 minéralisations de plomb et d'argent répertoriées à ce jour. Il s'agit principalement de gisements de galène contenant une teneur importante en argent, pouvant atteindre 3w% Ag (Guénette-Beck, 2005). Dans la région étudiée, l'argent est en effet pour la plupart du temps associé soit à la galène, un sulfure de plomb connu pour être le minerai d'argent par excellence, soit, quoique plus rarement, aux cuivres gris qui sont des sulfosels complexes.

La mise en place de ces gisements de plomb et d'argent est liée à la formation complexe des Alpes. Il existe principalement : 1) des minéralisations métamorphiques, donc d'apparence filonienne plus ou moins fortement boudinées en fonction du degré métamorphique subi, lequel efface souvent toute histoire de formation primaire; 2) des minéralisations hydrothermales, formées lors de la cristallisation

de solutions d'origine magmatique et déposées souvent le long de fissures; 3) des gisements de type Mississippi-Valley, associés à une couverture sédimentaire de plateforme, et se présentant sous une grande variété morphologique – toujours stratiforme –, soit en lits fins dans des roches carbonatées, soit comme remplissage de faille ou comme ciment de brèche; 4) des minéralisations d'altération supergène ou chapeau de fer, formées par l'action des eaux de surface, notamment par l'oxydation superficielle des filons.

L'étude des minéralisations valaisannes a montré que la plupart des gisements se trouve dans une unité de socle, c'est-à-dire qu'ils sont liés à des roches métamorphiques ou magmatiques. Seulement quatre indices se localisent dans des unités de couverture, autrement dit, en lien avec des roches sédimentaires.

Si nous faisons l'hypothèse d'une corrélation entre l'importance d'une exploitation et l'étendue géologique de son gisement, on constate que les grandes minéralisations de plomb du Valais ont des critères géologiques et géographiques communs.

D'un point de vue géologique, on constate que, premièrement, ils se sont formés en relation avec de grandes intrusions magmatiques, plus précisément les intrusions magmatiques de l'Ordovicien et du Carbonifère provoquées dans une zone de subduction, voire sous l'effet de l'anatexie de la croûte; deuxièmement, ils sont proches de réservoirs de plomb importants, à savoir les roches détritiques riches en plomb urano- et thorogénique; troisièmement, ils se sont déposés dans des pièges minéralisateurs propices, tels des

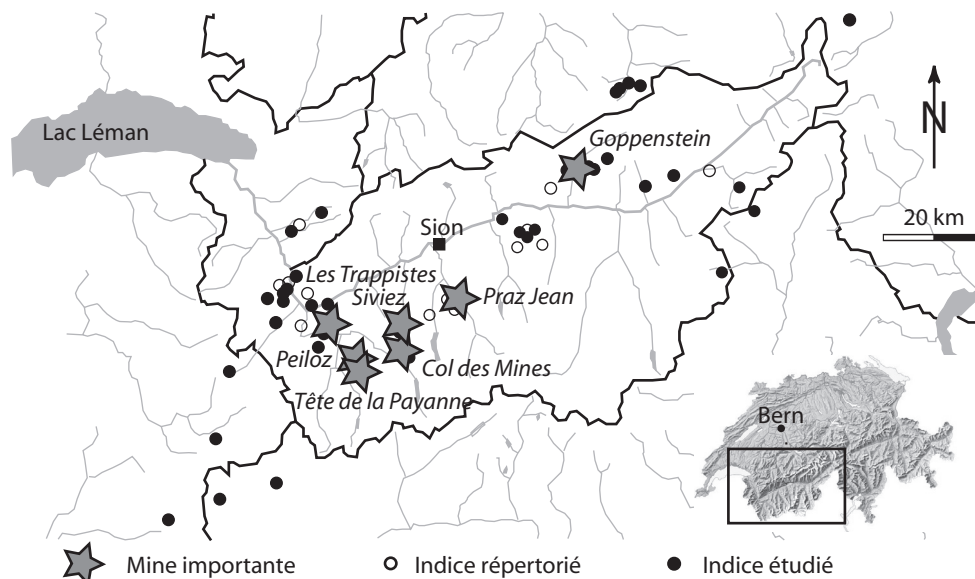


Figure 1 : Emplacement des mines de plomb valaisannes en Suisse. On compte une soixantaine d'indices de plomb. Parmi ceux-ci, sept montrent des traces d'exploitation importante.
Figure 1: Map of the lead mines of the Wallis area, Switzerland.

graben ou de grandes structures faillées. Les gisements répondant à ces critères se situent d'une part dans les socles du domaine pennique moyen, notamment la nappe de Siviez-Mischabel et la nappe des Pontis, et d'autre part dans les socles du domaine helvétique, notamment dans le massif de l'Aar.

D'un point de vue géographique, les grands gisements de plomb valaisans se situent dans une aire restreinte : soit au sud de la vallée du Rhône et dans le val de Bagnes – ce qui correspond aux nappes de Siviez-Mischabel et des Pontis (mines de Peiloz, de la Tête de la Payanne, des Trappistes, du Col des Mines, de Siviez et de Praz Jean) – ou encore dans le Lötschental, situé dans la partie orientale du massif de l'Aar (mines de Goppenstein).

Quant à la signature isotopique globale des mines de plomb valaisannes, elle correspond à un plomb se situant entre la jeune croûte supérieure et l'ancienne croûte supérieure (Kramers et Tolstikhin, 1997). Autrement dit, ces gisements résultent d'un magma formé par la fusion partielle de la croûte supérieure. Lors de sa mise en place, le fluide minéralisateur a lixivié (lessivé) la roche encaissante s'enrichissant ainsi de plomb issu de l'ancienne croûte supérieure.

D'un point de vue global, la signature isotopique des mines de plomb et d'argent du Valais montre une grande variation, correspondant néanmoins à celle connue dans le cas de la plupart des gisements européens. Dans le détail, la plupart des minéralisations sont formées lors d'un seul événement minéralisateur. Les gisements de Goppenstein font exception. Il s'agit ici d'une minéralisation s'étendant sur 13 km. Une étude approfondie de ce site a montré qu'il se caractérise par trois signatures isotopiques bien distinctes, indiquant que le filon s'est mis en place durant trois événements minéralisateurs différents. Les filons étudiés montrent que la signature isotopique varie le long de son étendue. Or, cette variation est prévisible : elle suit un trend linéaire. Ce trend linéaire a également pu être observé sur les autres minéralisations à galène étudiées en Valais. Il peut de même être constaté pour une partie importante des gisements européens.

Exemple de provenance unique : les monnaies médiévales frappées en Valais

Dans l'exemple des monnaies médiévales frappées en Valais, les données analytiques sont corroborées par les sources historiques. Ces dernières nous apprennent que la monnaie a été frappée à plusieurs reprises en Valais (Elsig, 1993). Cette activité a vécu son apogée avec les pièces épiscopales. En 1475, les textes historiques nous apprennent que les évêques de Sion ont pu acquérir les mines de Peiloz dans

le Val de Bagnes, réputées être les plus riches en argent du Valais (Payot, 2000). Leur exploitation a permis à plusieurs évêques de frapper monnaie. Les pièces analysées figurent parmi les premières frappes de trois évêques nouvellement nommés : Mathieu Schiner entre 1499 et 1522 ; Adrien I de Riedmatten en 1542 ; Jean Jordan en 1549.

Les analyses isotopiques de plomb (fig. 2 ; pour les analyses : Guénette-Beck, 2005) montrent des signatures très cohérentes et fortement regroupées pour la totalité des pièces frappées par les trois évêques, entre 1499 et 1549, suggérant un approvisionnement en métal par une source unique. D'un point de vue isotopique, l'utilisation d'un mélange homogène ne peut pas être exclue. Cependant, deux raisons vont contre cette hypothèse. Premièrement, les monnaies analysées couvrent un espace de temps de plus de 50 ans. Il est de fait peu crédible de voir l'utilisation d'un mélange uniforme pendant tout ce laps de temps. Deuxièmement, la source utilisée peut être identifiée grâce d'une part à l'étude des textes historiques et d'autre part à des recherches sur le terrain qui ont permis de retrouver les mines et de les étudier isotopiquement : il s'agit des mines de Peiloz, qui représentent la source la plus riche en argent actuellement connue en Valais. Ainsi, les données suggèrent un approvisionnement en métal par une source unique, la mine de Peiloz.

Notons que le choix des échantillons visait à sélectionner des premières frappes d'un évêque, augmentant ainsi les chances que les monnaies étaient frappées dans du métal issu

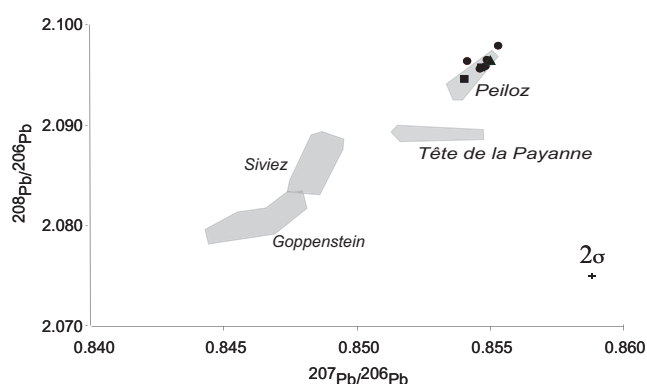


Figure 2 : Diagramme binaire $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ versus $208\text{Pb}/206\text{Pb}$ avec les résultats des données isotopiques des monnaies médiévales. Sigles ronds : monnaies frappées par l'évêque Mathieu Schiner (1499-1522), sigles triangulaires : monnaies frappées par l'évêque Adrien I de Riedmatten (1542) et sigles carrés : monnaies frappées par l'évêque Jean Jordan (1549). En gris : champs isotopiques de quelques mines valaisannes primordiales pour l'étude de cet exemple.

Figure 2 : Lead isotopes ratios of the medieval coins plotted into de diagram $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ versus $208\text{Pb}/206\text{Pb}$.

de mines locales et non dans du métal recyclé. En effet, la refonte d'anciennes pièces est une pratique courante qui, du point de vue analytique, présente deux inconvénients. D'une part, le métal utilisé peut provenir de plusieurs mines, donnant ainsi une signature isotopique complexe. D'autre part, l'argent utilisé peut être épuré par coupellation, procédé visant à mieux contrôler le titre du métal utilisé ; or, par cette coupellation, le plomb ajouté en grande quantité efface la signature isotopique de l'argent initialement utilisé en lui conférant celle du plomb ajouté.

Cet exemple illustre très bien le fait qu'une seule source a été utilisée pour la fabrication de certaines monnaies épiscopales valaisannes. Notons qu'il n'aurait pas pu être étudié sans les connaissances détaillées de la métallurgie locale. Finalement, le recours aux textes historiques mentionnant les mêmes mines utilisées pour la frappe monétaire que celles trouvées à partir du lien isotopique, permet d'écarter tout doute quant à la provenance déduite de l'examen des rapports isotopiques du plomb.

Exemple d'un mélange binaire : les monnaies celtiques du Mont Vully

Actuellement, il n'existe aucune source historique indiquant la provenance du métal utilisé pour la fabrication des monnaies celtiques du plateau Suisse. Cependant, l'étude des types monétaires permet de former des groupes et, par tant, de suggérer que la fabrication des différents ensembles ne résulte pas d'un procédé de fabrication unique. Les analyses isotopiques de plomb corroborent cette hypothèse.

Les 20 monnaies celtiques analysées sont des potins, dont la dénomination « potin » renvoie à la fois à des notions de typologie et de composition chimique : ce sont des monnaies en métal coulé constituées principalement de cuivre et d'étain (bronze), avec des traces de plomb et d'argent. Les potins appartiennent à la période de La Tène LTD1/LTD2a, ce qui permet de fixer le terminus *post quem* d'émission entre 150-80 et 80-60 avant notre ère. Ce type de monnaie est attribué aux Helvètes. Les potins dits « à la grosse tête » montrent une forte concentration dans la région des Trois Lacs, soit les lacs de Neuchâtel, Morat et Bienne (Geiser, 1996 ; Auberson et Geiser, 2001). Au sein du corpus analysé, il est possible de distinguer plusieurs types de potins sur la base de déterminations stylistiques notamment.

Dans le cas des potins étudiés, le plomb analysé reflète la signature isotopique d'un plomb volontairement ajouté et non celle du plomb présent naturellement dans le minerai de cuivre et d'étain. En effet, d'après les analyses de la composition chimique (Guénette-Beck, 2005), le cuivre est très pur, le plomb donc contenu dans le cuivre est faible :

sa contribution est donc négligeable par rapport au plomb intégré intentionnellement à l'alliage. La source déterminée sur la base des isotopes du plomb est donc bien celle du métal plomb, et non pas la source du cuivre ou de l'étain.

Les résultats des analyses isotopiques (Guénette-Beck, 2005) montrent que le corpus analysé peut être subdivisé en trois groupes (fig. 3). Le premier comprend dix monnaies dont les signatures isotopiques sont bien groupées et très proches. Le plomb présent dans ces pièces provient selon toute vraisemblance d'une source unique. Au vu de nos propres analyses sur les minerais valaisans, cette source ne correspond pas à une source locale. Cependant, la comparaison avec les données disponibles dans la littérature montre que la signature isotopique est compatible avec celle des mines de Cartagena, en Espagne, et avec celles des mines de Baciolo et de Campiano près de Grosseto en Toscane, Italie. Dans le détail, l'affinité isotopique semble plus grande avec les mines espagnoles qu'avec les mines italiennes. De plus, les analyses de la composition chimique indiquent que ni le cuivre ni le plomb de ces monnaies ne montrent un spectre compatible avec celui du métal produit à partir d'un minerai à chalcopryrite et galène. Or, les mines de Baciolo et de Campiano à Grosseto en Toscane ont été exploitées pour la chalcopryrite et la galène : elles ne sont donc pas une source vraisemblable pour le plomb ayant servi à la fabrication des potins du Mont Vully. Au contraire, les mines espagnoles de Cartagena par contre sont des mines de galène argentifère uniquement. Il est donc possible de conclure que le plomb utilisé provient fort probablement des mines de la région de Cartagena. Notons que ce groupe isotopique forme également un groupe typologique homogène.

Le deuxième groupe comprend huit pièces, dont les rapports isotopiques sont variables. Néanmoins, sur les diagrammes (fig. 3), ces échantillons se projettent le long d'un alignement rectiligne. Un tel alignement indique que le plomb présent provient d'un mélange de deux sources différentes, en proportions variables. Considérons tout d'abord les sources qui sont les plus proches des objets étudiés. L'une d'entre elles est la mine de Cartagena, soit la même source de plomb que celle utilisée pour les monnaies du premier groupe. En l'état actuel de la base de données géologiques utilisée pour les comparaisons, l'autre source est incompatible avec les minéralisations valaisannes. En dehors des sources locales, une origine précise n'a pas pu être identifiée. Ces huit pièces correspondent également à un groupe stylistique.

Le troisième groupe comprend deux pièces. Elles sont différentes du premier groupe et sortent de l'alignement du deuxième groupe. L'échantillonnage étant pas suffisant pour une caractérisation isotopique de ce groupe, ces deux

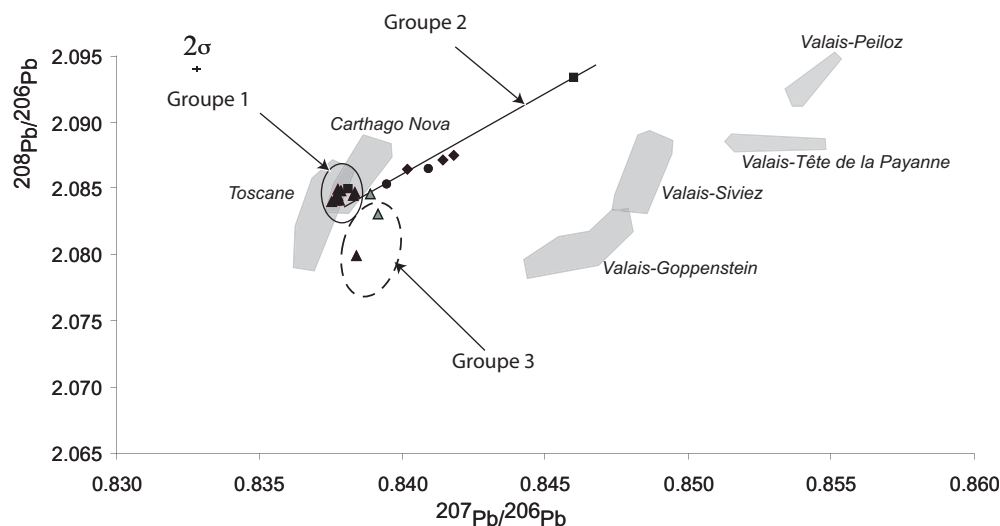


Figure 3 : Diagramme binaire $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ versus $208\text{Pb}/206\text{Pb}$ avec les résultats des données isotopiques des potins analysés. Triangle plein : potins du type A8 var 2 (11 analyses); rond plein : potins du type A3 var 2 (2 analyses); losange : potin du type A8 var 1 (1 analyse); carrée : potins du type A6 var 2 (2 analyses) et triangle vide : potins du type A5 var 2 (2 analyses). On distingue trois groupes différents : le groupe un montrant une forte concentration indiquant une provenance possible du plomb des mines de Carthago Nova ou de Toscane; le deuxième groupe montrant un alignement sur une même droite dite « de mélange »; le troisième groupe contient deux échantillons, non interprétable en terme d'isotope de plomb. En gris : les champs isotopiques de quelques mines importantes pour cette étude. C'est un choix de plus de 2 500 données isotopiques couvrant une grande partie des mines européennes.

Figure 3 : Lead isotopes ratios of the potin coins plotted into de diagram $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ versus $208\text{Pb}/206\text{Pb}$.

monnaies ne peuvent être interprétées en terme d'isotope de plomb.

Ainsi, malgré la complexité du corpus d'étude, une interprétation cohérente a pu être réalisée grâce au nombre important d'objets analysés. Elle a notamment permis de grouper les potins en fonction de trois modes d'approvisionnement différents. On distingue les monnaies fabriquées premièrement par une seule source de métal; deuxièmement à partir de deux sources différentes de métal, dont l'origine a pu être précisée pour une des deux sources et limitées à quelques possibilités pour la seconde source; et troisièmement par des sources de métal complexes, non définissables avec le nombre d'analyses effectuées (deux analyses seulement). Notons également l'importance d'un travail interdisciplinaire : les données isotopiques sont corroborées par les études typologiques. Ainsi, l'analyse isotopique devient un critère d'attribution pertinent dans le cas où les types sont indéfinissables, comme par exemple dans le cas de monnaies aux surfaces usées, dont les types ne sont plus lisibles.

Exemple complexe : une chasse reliquaire médiévale œuvrée en Valais

L'étude de la chasse des Enfants de Saint Sigismond a permis d'élucider des questions liées à la caractérisation stylistique et à l'origine du métal utilisé.

La chasse des Enfants de Saint Sigismond, du trésor le l'Abbaye de Saint-Maurice en Valais, remonte à la fin du XII^e siècle de notre ère et tire son nom des reliques qu'elle abrite : celles du roi burgonde Sigismond, fondateur de l'abbaye de Saint-Maurice (Valais) en 515, et celles de ses deux fils. Ce prestigieux reliquaire est aujourd'hui encore porté en procession une fois par an, lors de la fête patronale de Saint Maurice. Eu égard à son état de conservation alarmant, cette chasse a été restaurée dès 1998, ce qui a permis une étude approfondie des aspects historiques, typologiques, analytiques, et également en matière de conservation-restauration (Schweizer et Witschard, 2007).

Les résultats des analyses isotopiques (fig. 4 et Guénette-Beck, 2005 et 2007) permettent de distinguer deux groupes. Le premier groupe se forme autour de cinq points d'analyses

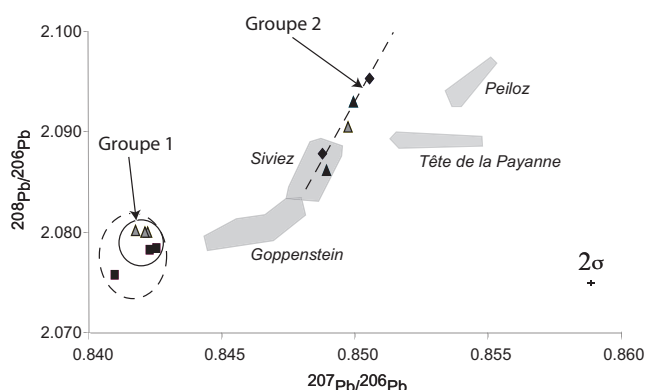


Figure 4 : Diagramme binaire $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ versus $208\text{Pb}/206\text{Pb}$ avec les résultats des données isotopiques effectuées sur la châsse des Enfants de saint Sigismond. On distingue deux groupes : Le premier groupe se forme autour de cinq points d'analyses provenant de trois faces différentes (carrés pleins) et de deux ornements de moulure (triangles blancs; un autre point d'analyse a été attribué au second groupe). Le second groupe est composé des signatures provenant des plaques de deux pignons (losanges noirs), de deux plaques du toit (triangles noirs) et d'une pièce de réparation de l'ornement de moulure (triangle blanc). En gris, la signature isotopique des quatre mines valaisannes connues pour leur exploitation d'argent.

Figure 4 : Lead isotopes ratios of the medieval shrine of Saint Sigismund plotted into a diagram $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ versus $208\text{Pb}/206\text{Pb}$.

provenant de trois faces différentes (carrés pleins, fig. 4) et de deux ornements de moulure (triangles blancs; un autre point d'analyse a été attribué au second groupe). Les analyses montrent une forte concentration indiquant que les échantillons ont exactement la même composition isotopique. Une si forte concentration de la signature peut s'expliquer de deux manières différentes : soit elle correspond à une mine unique, soit elle reflète un mélange identique. Dans le premier cas – cette concentration correspond à une mine –, l'argent utilisé proviendrait d'une seule source. En Valais, aucune mine ne porte une telle signature isotopique : cette région peut être exclue comme lieu de provenance possible. Pour l'instant aucune autre mine analysée, ni dans les régions limitrophes ni ailleurs en Europe, ne possède une signature isotopique compatible aux plaques étudiées. La possibilité d'une source unique peut probablement être écartée. Dans la seconde alternative, ces plaques sont fabriquées à partir d'un mélange identique d'argent de plusieurs sources différentes. Ceci n'est possible que si les plaques ont été fabriquées à partir de la même préparation d'argent. Puisque ces plaques ont selon toute vraisemblance été réalisées à la même période et dans un atelier unique, nous proposons qu'il s'agit de la refonte d'au moins deux métaux d'origines diverses. Les différentes sources d'argent sont très difficiles à déterminer.

Le second groupe est composé des signatures provenant des plaques de deux pignons (losanges noirs), de deux plaques du toit (triangles noirs) et d'une pièce de réparation de l'ornement de moulure (triangle blanc). Les signatures isotopiques montrent un alignement binaire, qui indiquerait une suite de mélanges à proportions différentes de deux sources. On peut en déduire que ces pièces n'ont pas nécessairement été produites en même temps, quoique probablement dans un intervalle de temps assez court, puisque leur signature est similaire. Leurs signatures isotopiques sont très différentes de celles du premier groupe : les sources de métal sont différentes. Il est difficile de préciser quelles sont les mines qui ont joué un rôle dans l'approvisionnement en argent pour cette série de plaques. Du point de vue des isotopes du plomb, on ne peut pas exclure les mines locales valaisannes.

Notons que cet exemple ne donne pas de résultat en termes de provenance du métal, puisqu'il est impossible de faire un tri univoque parmi toutes les données isotopiques disponibles. Cependant, en étudiant les types de mélanges de métal, on peut imaginer la façon dont l'orfèvre a procédé pour la fabrication de cette châsse reliquaire. On remarque deux cas de figures : soit des plaques fabriquées à partir d'un mélange unique qui ont été formées plus ou moins en même temps, soit des plaques fabriquées à partir d'un mélange semblable pouvant avoir été créées durant un laps de temps plus important.

Interprétation des résultats en termes d'approvisionnement : les objets en plomb de l'époque romaine issus de la Suisse occidentale

Dans de nombreux cas, les sources du métal utilisé pour la fabrication d'un objet ne peuvent pas être identifiées. Cependant, la signature isotopique du plomb peut donner d'autres types de renseignements. Pour preuve, l'étude de 103 objets en plomb d'époque romaine provenant du Valais et des régions limitrophes, notamment la partie occidentale du Plateau Suisse. Sur la base des isotopes du plomb, cette recherche a montré qu'il existe différents modes d'approvisionnement pour le plomb. On observe que 73 des 103 objets analysés ont été fabriqués apparemment à partir d'une seule source de plomb, contre 30 objets qui ont été élaborés à partir d'au moins deux sources de métal.

Concernant les objets qui ont été fabriqués à partir d'une seule source de métal, un approvisionnement unique a été constaté pour les objets nécessitant une grande quantité de métal. Ceci est le cas par exemple pour le sarcophage de Plan Conthey en Valais, visiblement fabriqué à partir du plomb provenant des mines valaisannes de Siviez. De même, les

scellements de l'amphithéâtre de Martigny, en Valais, et de la colonia Augusta Raurica, près de Bâle, ont été produits avec du plomb issu de la mine de Siviez.

Au contraire, des petits objets utilitaires tels des rivets, des poids, des estampilles montrent la signature isotopique typique pour des mélanges de métal, donc ayant été fabriqués à partir de sources mixtes. C'est également le cas des déchets de fonderie artisanale issus de la fonderie de Sion-Sous-Le Scex (Valais) ou encore de celle de Lausanne-Vidy-En Sarclay (Vaud), toutes deux attribuées à l'époque romaine tardive. Les sources utilisées pour la fabrication de ces pièces ne peuvent pas toujours être indiquées avec précision. On observe cependant que les mélanges évoluent, reflétant souvent les sources de plomb utilisées à la période considérée. Ainsi, les ressources locales apparaissent seulement dans une phase tardive de l'époque romaine, tandis que des sources méditerranéennes sont utilisées assez précocement, relayées ensuite par des sources de plomb d'Allemagne du Nord et, dans quelques rares cas, par des districts miniers de Grande-Bretagne.

Remarquons qu'un certain nombre d'objets sont apparemment fabriqués à partir d'une seule source de métal. Ceci s'explique par le fait que la signature isotopique simule celle d'une seule mine, quoique l'objet puisse être fabriqué avec du métal de plusieurs sources. Ce cas de figure ne peut être décelé que si l'étude repose sur un corpus suffisant d'objets analysés.

Notons également que cet exemple montre bien l'importance des gisements locaux dans l'approvisionnement du métal en Valais, mais également pour l'exportation dans les régions limitrophes du Plateau suisse occidental.

CONCLUSION

L'utilisation des analyses isotopiques de plomb pour répondre à des questions archéologiques permet l'émission d'hypothèses se rapportant aux buts définis : établir des groupes d'objets et, dans le meilleur des cas, déterminer l'origine du métal utilisé. Cependant, sur la base d'analyses isotopiques de plomb, il n'est jamais possible d'avoir une certitude, puisqu'il s'agit d'une méthode indirecte de comparaison de signatures isotopiques. Or, celle-ci est basée sur une sélection partiellement objective de l'ensemble des données isotopiques disponibles sur les mines. En effet, la signature isotopique de plomb des mines n'est pas univoque et, quand elles existent, les données disponibles sont de qualité très inégale. Pour écarter toute subjectivité, il est indispensable de bien connaître la métallogénie locale afin de pouvoir en déterminer l'importance dans l'approvisionnement, ainsi

que de disposer d'un corpus important d'objets et de procéder à un travail contextualisé et interdisciplinaire.

Ajoutons encore que, par cette méthode, on essaie avant tout de retracer les sources possibles de la fabrication d'un objet archéologique. Cependant, l'utilisation des isotopes de plomb nous permet également de dater l'exploitation d'une mine géologique par son attribution à un groupe d'objets archéologiques bien datés. Ainsi, par cette réflexion « à l'envers », il est possible de proposer une exploitation des mines de plomb et d'argent du Valais dès l'époque romaine.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent à Prof. Igor M. Villa et Prof. Jan Kramers de l'institut de géologie isotopique de l'Université de Berne, ainsi qu'aux nombreuses institutions et personnes, notamment M. Philippe Curdy, conservateur, et Mme Marie-Claude Morand, directrice des musées cantonaux du Valais, pour le prêt des objets et M^{me} Florence Cattin pour la relecture du présent document.

Bibliographie

- AUBERSON, A.-F. et GEISER, A., 2001. Les trouvailles monétaires et le coin de l'oppidum du Mont-Vully, *Revue Suisse de Numismatique*, 80, p. 59-97.
- BODE, M., BAUMANN, A., HAUPTMANN, A., MEZGER, K. et PRANGE, M., 2003. Geochemical and lead isotope investigations for lead production in Roman times in the Rhineland and in Westphalia (Germany), *Archaeometallurgy in Europe*, 2, p. 201-210.
- BODE, M., ROTHENHÖFER, P., HANEL, N., HAUPTMANN, A., MEZGER, K. et ECK, W., sous presse. Roman Lead Ingots in Europe – a Key to Reconstruct Lead Trade and Lead Produktion in the Roman World? In 2nd International Conference "Archaeometallurgy in Europe 2007", 17-21 June, 2007, Aquileia, Italy, 10 p.
- CATTIN, F., 2008. *Modalités d'approvisionnement et modalités de consommation du cuivre dans les Alpes au 3^e millénaire avant notre ère : apport des analyses métalliques à la connaissance des peuplements du Néolithique final, du Campaniforme et du Bronze ancien*, Thèse de doctorat, Université de Genève.
- CATTIN, F., GUÉNETTE-BECK, B., BESSE, M. et SERNEELS, V. (eds.), 2009. Editorial. Proceedings of the Workshop "Lead Isotopes and Archaeometallurgy" (June 19-20 2008; Fribourg, Switzerland), *Archaeol Anthropol Sci*, 1, p. 137-148.
- DURALI-MÜLLER, S., 2005. *Roman lead and copper mining in Germany : their origin and development through time, deduced*

- from lead and copper isotope provenance studies, Thèse de doctorat, Université de Frankfurt am Main.
- ELSIG, P., 1993.** *Kopf oder Zahl? Die Geschichte des Geldwesens im Wallis*, Musées cantonaux du Valais, Sion.
- GEISER, A., 1996.** « Faciès des potins, particulièrement du type dit « à la grosse tête », découverts en Suisse occidentale », *Gallia*, 52, p. 87-93.
- GUÉNETTE-BECK, B., MEISSER, N. et CURDY, Ph., 2009.** New insights into the ancient silver production of the Wallis area, Switzerland *Archaeol Anthropol Sci*, 1, p. 215-229.
- GUÉNETTE-BECK, B., 2005.** *Minerais, métaux, isotopes : Recherches archéométriques sur les mines de plomb et d'argent en Valais, Suisse*, Thèse de doctorat, Université de Lausanne, Suisse.
- GUÉNETTE-BECK, B., 2007.** Apport des analyses isotopiques de plomb à l'étude de la chasse. In Schweizer et Witschard (dir.), *La chasse des Enfants de saint Sigismond*, Somogy éditions d'art, Paris, p. 187-192.
- KRAMERS, J.D. et TOLSTIKHIN, I.N., 1997.** Two terrestrial lead isotope paradoxes, forward transport modelling, core formation and the history of the continental crust, *Chemical Geology*, 139, p. 75-110.
- MARCOUX, E., 1986.** Isotopes du plomb et paragenèses métalliques, traceurs de l'histoire des gîtes français. Applications en recherche minière, Document interne du BRGM, non publié.
- PAYOT, C., 2000.** « Les mines de Bagnes et les fonderies d'argent » In Deslarzes-May. S., Payot, C., Deslarzes, B. (dir.), *Bagnes imaginée, Bagnes vécue*, Musée de Bagnes, Valais, Suisse, 100-121.
- SCAIFE, B., 2003.** « Données isotopiques de plomb des principaux sites miniers en Europe, Afrique du Nord », [<http://brettscaife.net/lead/index.html>], consulté en août 2007.
- SCHWEIZER et WITSCHARD, 2007.** *La chasse des Enfants de saint Sigismond*, Somogy éditions d'art, Paris.
- VILLA, I. M., 2009.** Lead isotopic measurements in archaeological objects, *Archaeol Anthropol Sci*, 1, p. 149-153.

